

Produktarchitekturen richtig gestalten

Ein Weg zum variantenoptimierten Produktprogramm

Günther Schuh, Jens Arnoscht und Christopher Nußbaum,
RWTH Aachen



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh ist Direktoriumsmitglied des Werkzeugmaschinenlabors (WZL) an der RWTH Aachen und des Fraunhofer Instituts für Produktionstechnologie. Darüber hinaus ist er Direktor des Forschungsinstituts für Rationalisierung der RWTH Aachen und Hauptgesellschafter und Gründer der Schuh & Co Komplexitätsmanagement Gruppe.



Dipl.-Ing. Jens Arnoscht arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Innovationsmanagement am Lehrstuhl für Produktionssystematik des WZL.



Dipl.-Ing. Christopher Nußbaum arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Innovationsmanagement am Lehrstuhl für Produktionssystematik des WZL.

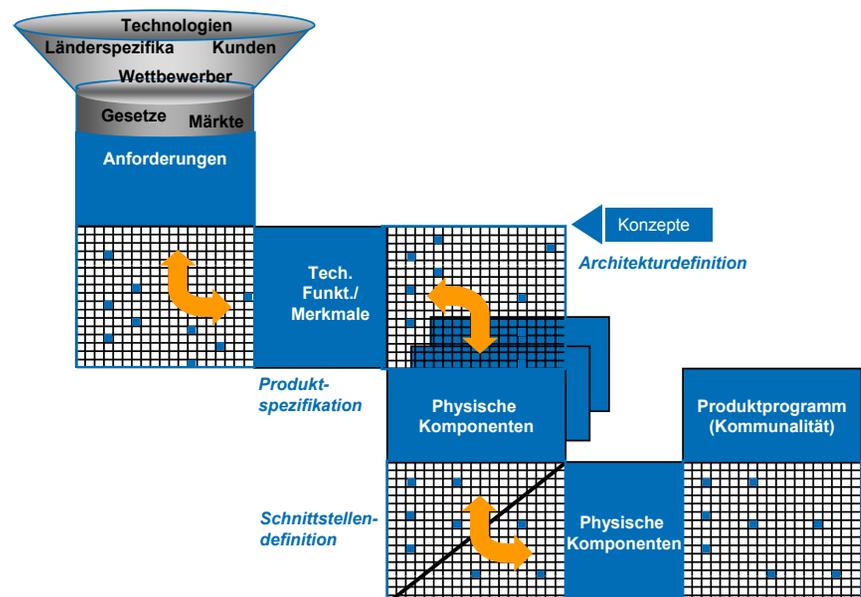
produzierenden Gewerbe. Am Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen wurde eine Vorgehensweise zur kundengerechten, konfliktfreien und durchgängigen Gestaltung der Produktarchitektur im Hinblick auf die Entwicklung modularer Produktprogramme entwickelt. Die Methode ist das Ergebnis langjähriger Forschungsaktivitäten im Bereich des Komplexitätsmanagements und hat sich bereits mehrfach in der industriellen Praxis bewährt. Die beschriebene Vorgehensweise wird sowohl methodisch als auch anhand von Beispielen aus der Praxis veranschaulicht.

Zur Steigerung des Umsatzes hat sich in den letzten Jahren das Streben

nach einer globalen und verstärkten Kundenorientierung ausgebildet. Die Vielfalt bzw. Heterogenität an Kundenwünschen führt zu einer gesteigerten Produktvielfalt und somit zu einer Steigerung der unternehmensinternen Komplexität. Aufgrund steigender Variantenzahlen und neuer Modelle, die zur Erschließung von Nischenmärkten notwendig sind, steigt die Komplexität entlang der gesamten Wertschöpfungskette an. Somit sinkt häufig trotz der Erhöhung des Umsatzes der operative Gewinn.

Diesem Dilemma kann mittels der Gestaltung modularer Produktarchitekturen entgegengesteuert werden. Modulare Produktarchitekturen bieten die Möglichkeit, bei gleichzeitiger

Bild 1: Prozedur zur Produktstrukturierung.



Die systematische Produktgestaltung wird in zunehmendem Maße ein wettbewerbsentscheidender Erfolgsfaktor für Unternehmen im

Kontakt:

Werkzeugmaschinenlabor WZL der
RWTH Aachen
Lehrstuhl für Produktionssystematik
Steinbachstr. 19
52074 Aachen
Tel.: 0241 / 80-27405
Fax: 0241 / 80-22293

Erfüllung marktspezifischer Anforderungen, Gleichheiten (Kommunalitäten) zwischen Produktfamilien sowie Produktgenerationen zu schaffen und Skaleneffekte entlang der Wertschöpfungskette zu erzielen [1].

Am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen wurde eine Vorgehensweise zur kundengerechten, konfliktfreien und durchgängigen Gestaltung der Produktarchitektur entwickelt. Gegenüber einer Variantenreduzierung zur Verbesserung der Ertragsoptimierung liegt bei dieser Methode der Fokus auf der proaktiven Vorausplanung eines variantenreichen Produktprogramms.

Methode zur Produktarchitekturgestaltung

Die Methode ist in vier wesentliche Hauptschritte eingeteilt (Bild 1). Die matrixbasierte Vorgehensweise gewährleistet eine hohe Nachvollziehbarkeit, beginnend bei den Anforderungen über die technischen Funktionalitäten bis hin zu den physischen Modulen. Die einzelnen Methodenbausteine werden im Folgenden beschrieben.

Anforderungs-Funktionen-Matrix – Sammeln von Anforderungen und Überführung in technische Funktionen

Nach der Identifikation kundenseitiger Anforderungen und der Zuordnung dieser zu definierten Erfolgsfaktoren, müssen die Anforderungen anhand des Kano-Modells klassifiziert werden [2]. Basierend auf der Klassifikation werden die Eigenschaften hinsichtlich ihres Beitrags zur Differenzierung von Konkurrenzprodukten bewertet. Des Weiteren werden die Anforderungen hinsichtlich ihrer „Änderungsfrequenz“ in hoch-, mittel- und niedrigdynamische Anforderungen unterteilt und anschließend in Bezug auf Potenzial und Realisierungsaufwand gewichtet und priorisiert.

Neben den Kundenanforderungen müssen auch unternehmensinterne Anforderungen an das Produktprogramm berücksichtigt werden, die in Bild 2 dargestellt sind. Das Konzept modularer

Produkte bietet die Möglichkeit, den oftmals konträren Anforderungen der verschiedenen Anspruchsgruppen in einer strukturierten Form zu begegnen.

Nach der Klassifikation und Bewertung der Anforderungen werden diese in technische Funktionen (Produktspezifikationen) überführt. Das Ergebnis des ersten Schritts sind definierte technische Produktfunktionen, die auf der Produktstrategie und den Produkthanforderungen entlang der Wertschöpfungskette basieren.

Funktions-Modul-Matrix – Modularisierung des Produkts

Eine differentiale Bauweise ermöglicht einen hohen Grad an Flexibilität, um schnell auf sich ändernde Märkte und Technologien reagieren zu können, weist jedoch auch diverse Nachteile auf. Eine erhöhte Anzahl an Teilen und Schnittstellen führt zu erhöhten Kosten. Bei einer integralen Bauweise wird eine hohe Anzahl an Funktionen in einem Bauteil realisiert. Die integrale Bauweise stellt hierbei die technologisch bessere Alternative dar, kann jedoch zu einer hohen Varianz führen. Die Vorteile beider Bauweisen können mittels einer geeigneten Modularisierungsstrategie kombiniert werden.

Analog zu der Anforderungsklassifizierung muss eine Klassifizierung der Module vorgenommen werden. Diese können in Grund-, Hilfs-, Anpass- und

kundenspezifische Module eingeteilt werden [3].

Die Technologie eines Produkts hat einen signifikanten Einfluss auf die Produktarchitektur [4]. Aus diesem Grund müssen verschiedene technologische Konzepte identifiziert werden, mithilfe derer die Funktionen umgesetzt werden sollen. Mittels unterschiedlicher Szenarien werden anschließend verschiedene technologische Konzepte im Hinblick auf Interdependenzen zwischen Funktionen untersucht, um sie anschließend bzgl. ihrer Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit zu bewerten.

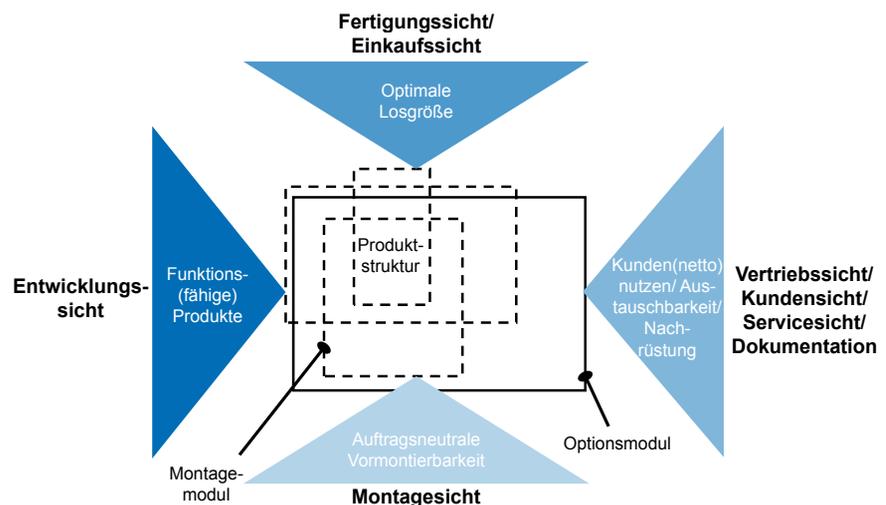
Als Ergebnis des zweiten Schritts liegt eine Bewertung der funktionalen Modulstruktur vor.

Schnittstellen-Matrix – Definition von Schnittstellen

Im dritten Schritt werden die Schnittstellen zwischen den Modulen beschrieben, analysiert und optimiert, wobei die Qualität, der Schnittstellentyp und die Schnittstellenvarianz beurteilt werden. Intelligent gestaltete Schnittstellen sind die Voraussetzung für eine unabhängige Modulentwicklung [5].

Die Abhängigkeiten zwischen den Modulen werden mittels der Schnittstellen-Matrix analysiert. Jede Schnittstelle wird durch mehrere Modulparameter beeinflusst. Eine Veränderung dieser Parameter führt direkt zu einer technischen Anpassung der Schnittstel-

Bild 2: Verschiedene Sichtweisen auf die Produktstruktur (Auszug).



le. Die schnittstellenrelevanten Parameter sollten daher keine hohe Dynamik aufweisen. Schnittstellen müssen den Fixpunkt für die globale Produktstruktur bilden.

Die Stärke der Abhängigkeiten zwischen den wichtigsten Modulen wird in einer Matrix festgehalten (Bild 3). Durch Bildung einer aktiven und passiven Summe können diejenigen kritischen Module identifiziert werden, die einen starken Einfluss auf andere Module haben und vice versa.

Die Modifizierung von Modulen mit einer hohen aktiven Summe ziehen hohe Anpassungsaufwände bei anderen Modulen nach sich. Module mit hoher passiver Summe weisen eine hohe Sensibilität gegenüber Änderungen an anderen Modulen auf. Eine detaillierte Analyse dieser kritischen Module ist daher erforderlich. Zum Beispiel sollten Module mit einer hohen aktiven Summe keine Funktionen mit einer hohen Dynamik enthalten. Aus dem dritten Schritt resultiert eine Beschreibung und Bewertung der definierten Schnittstellen.

Kommunalitätsmatrix – Umsetzung von Gleichheiten im Produktprogramm

Um Transparenz über die Gleichheiten im Produktprogramm zu schaffen, wird die Kommunalitätsmatrix verwendet. Die Matrix veranschaulicht, welche Module bzw. Komponenten baureihenübergreifend verwendet werden können. So werden jedem Produkt aus dem Produktprogramm definierte Modulvarianten zugewiesen.

Die Kosten, die aufgrund von Überdimensionierung oder Konzeptänderungen entstehen, müssen einer potenziellen Senkung der varianteninduzierten Kosten (z.B. aufgrund von erzielbaren Skaleneffekten) gegenübergestellt werden. Im Rahmen einer vereinfachten Prozesskostenanalyse können die wichtigsten varianteninduzierten Kostentreiber über den Lebenszyklus (Entwicklung, Fertigung, Montage, After-Sales und Recycling) eines Produkts ermittelt werden.

Die Analyse der Kommunalitäten liefert Aufschluss über die mögliche Er-

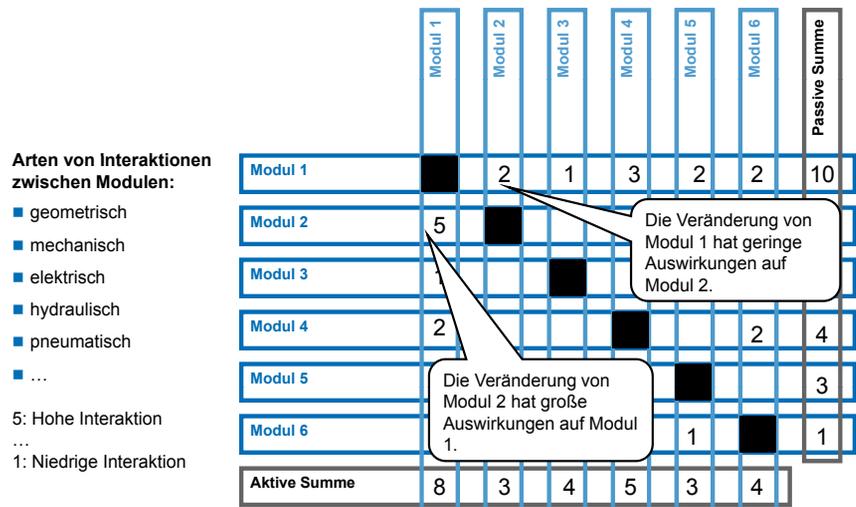


Bild 3: Beispiel einer Schnittstellenmatrix.

höhung der Gleichteilverwendung auf Komponenten- und Modulebene.

In der industriellen Anwendung der beschriebenen Punkte werden häufig nicht alle Methodenbausteine benötigt bzw. durchlaufen. Mitunter wird der Schwerpunkt auf die Beschreibung der Schnittstellen oder die Umsetzung höherer Kommunalität im existierenden Produktprogramm angestrebt. Dies wird im Folgenden anhand von industriellen Projektbeispielen verdeutlicht.

Produktarchitekturgestaltung zur Variantenreduktion

Im Rahmen eines Projekts in der Energieversorgungsbranche wurde die Produktarchitektur eines Neuprodukts in der Konzeptphase auf Basis eines unscharfen Produktdesigns und 3-D-Modellen varianten- bzw. kostenoptimal optimiert. Im Speziellen wurde die Aufnahme der Funktionsstruktur und deren Umsetzung in physische Bauteile fokussiert. Das Aufzeigen von Potenzialen zur Variantenreduktion wurde in erster Linie über die Erhöhung von Kommunalitäten auf Bauteilebene realisiert.

In einem ersten Schritt wurden die Produktanforderungen in technische Funktionalitäten überführt. Als unterstützendes IT-Werkzeug wurde hierfür der Complexity Manager® eingesetzt.

Auf Grundlage der wichtigsten funktionalen Merkmale wurden die unterschiedlichen Ausprägungen den Merkmalen zugeordnet. Hieraus resultierte zunächst die Gesamtzahl aller theoretisch möglichen Varianten. Durch einen Abgleich mit den Anforderungen wurde eine Konfigurationslogik in Form von Kombinationszwängen und -verboten abgeleitet, die eine Reduzierung auf etwa 17 % der theoretisch möglichen Varianten bewirkte. Die sich aus den Marktanforderungen ergebende Variantenvielfalt konnte anschließend durch die Überdimensionierung von einigen wenigen internen Varianten abgedeckt werden. Mithilfe dieser Maßnahme konnte die vom Kunden wahrgenommene Variantenzahl mit ca. 38 % der zunächst geplanten Varianten realisiert und so die interne Komplexität signifikant verringert werden.

Im weiteren Verlauf des Projekts lag der Fokus auf der Untersuchung von Kommunalitäten zur Aufdeckung potenzieller Variantenreduzierungsmöglichkeiten. Mithilfe der Kommunalitätsmatrix wurde die Verwendung unterschiedlicher Module in den einzelnen Varianten abgebildet. Basierend auf den Ergebnissen der Methodenanwendung war das Ergebnis die Definition von vier unterschiedlichen Szenarien, die zu einer weiteren Reduzierung der internen Variantenvielfalt führten. Es

wurden hierbei weitere Varianten-Einsparpotenziale von bis zu 55 % gegenüber der Lösung nach der gezielten Überdimensionierung aufgezeigt.

Durch die Neuordnung der Funktions- und Produktstruktur und der Überarbeitung des aktuellen Designs konnte eine proaktive Verringerung der internen Variantenvielfalt vor der Einführung eines Neuprodukts und somit eine vorbeugende Reduzierung variantenbedingter Komplexitätskosten für den Kunden erzielt werden.

Produktarchitekturgestaltung als Mittel zur modularen Gestaltung von Druckgusswerkzeugen

Im Zuge der bundesweiten Exzellenzinitiative erhielt die RWTH Aachen 2006 den Zuschlag für den Exzellenzcluster „Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer“. Untersuchungen zur individualisierten Produktion sind ein Schwerpunkt dieses Exzellenzclusters. In diesem Rahmen werden unter anderem Potenziale für die Modularisierung der Form gebenden Elemente von Druckgusswerkzeugen untersucht. Die Herausforderung der Forschungsarbeiten liegt darin, individualisierte Produkte in Zukunft zu annähernd gleichen Kosten wie heutige Produkte der Massenproduktion produzieren zu können.

Bislang sind in Zusammenarbeit mit Experten auf dem Gebiet der Druckgusstechnologie Anforderungen und technologische Restriktionen unter dem Aspekt der Modularisierung aufgenommen worden. Sie bilden die Basis für die Modularisierung der formgebenden Bestandteile von Druckgusswerkzeugen. Verschiedene technologische Konzepte und Modularisierungsansätze werden im Hinblick auf Interdependenzen zwischen

Modulen unter funktionalen Aspekten untersucht. Mittels unterschiedlicher Szenarien wird die funktionale Modulstruktur analysiert.

Fest gekoppelt an die Auswahl eines Modularisierungskonzepts von Druckgusswerkzeugen ist die geeignete Gestaltung der Schnittstellen zwischen Kontur gebenden Elementen und dem Formrahmen, wie Schieber, Kühl- und Entlüftungskanälen. Die Schnittstellen zwischen den Modulen werden bezüglich ihrer funktionalen Wechselwirkungen (geometrisch, thermisch, mechanisch, u.a.) beschrieben, analysiert und optimiert. Basierend auf den Ergebnissen der Analysen können anhand der Schnittstellenmatrix Bewertungen bezüglich der Ausgestaltung der Schnittstellen abgeleitet werden.

Die theoretisch erarbeiteten Ergebnisse zur Herleitung eines Modularisierungskonzepts von Druckgusswerkzeugen werden parallel anhand eines Demonstrators validiert werden. Die Erkenntnisse und Ergebnisse des Forschungsprojekts werden Unternehmen, besonders den Mittelstand, unterstützen, flexiblere Prozesse und Technologien für die individualisierte Produktion effizient umsetzen zu können.

Fazit

Die vorgestellte Methode zur Gestaltung von Produktprogrammen bietet eine integrierte Vorgehensweise zur variantenoptimierten Gestaltung von Produktprogrammen nach dem Lean Product Ansatz. Wie in einer aktuellen Studie belegt wurde, erzielen die besten Unternehmen in Deutschland mit einer systematischen Produktgestaltung im Sinne des Lean Product Ansatzes eine im Durchschnitt um fast 40 % höhere Umsatzrendite [6].

Literatur

- [1] Schuh, G.: Produktkomplexität managen. München 2005.
- [2] Kano, N. u.a.: Attractive quality and must-be quality. In: Quality Journal 14 (1984) 2, S. 39-48.
- [3] Pahl, G., Beitz, W.: Engineering design. London 2007.
- [4] Muffato, M., Roveda, M.: Product architecture and platforms: a conceptual framework In: Int. J. Technology Management 24 (2002) 1, S. 1-16.
- [5] Baldwin, C.Y., Clark, K.B.: Design rules, Volume 1, the power of modularity. Cambridge 2000.
- [6] Schuh, G., u.a.: Effizient, schnell und erfolgreich - Strategien im Maschinen- und Anlagenbau. Frankfurt 2007.

Schlüsselwörter:

Modularisierung, Schnittstellen, Gleichteileverwendung, Variantenreduktion

Die vorgestellte Arbeit wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG im Rahmen des Exzellenzclusters „Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer“ gefördert.

Product Architecture Configuration – A Way to a Variant-Optimized Product Program

At the Laboratory for Machine Tools and Production Engineering (WZL) of the RWTH Aachen University, a consumer oriented conflict free and continuous configuration of the product architecture in terms of modular product program development has been developed. The Method is the result of a long year research activity in the field of complexity management and has already been repeatedly successfully applied in industry. Companies can reduce their inner complexity while simultaneously optimizing the fit with customer demands by applying the mentioned method. The described approach is demonstrated both methodically as well as with practical examples.

Keywords: modularisation, interfaces, common part usage, variant reduction